

# **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОЙ ФАЗЫ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ**

***Ярцев П.С., Бысыина С.И., Троицкий П.С.***

*Научные руководители: к.ф.-м.н., проф. Мали В.И.;*

*д.т.н., проф. Батаев А.А.*

Новосибирский государственный технический университет,

Институт Гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН

г. Новосибирск, yartsev87@mail.ru

Формирование новых материалов, обладающих повышенным комплексом механических свойств, является одной из наиболее актуальных задач современных машиностроения. Перспективными с этой точки зрения являются композиционные материалы, состоящие из двух или более компонентов. Комбинирование вязких и прочных составляющих позволяет получать новые материалы с заранее заданными свойствами. К таким материалам относятся многослойные композиты на металлической основе с интерметаллидным упрочнением.

В представленной работе формирование композиционных материалов осуществлялось по технологии сварки взрывом и дополнительной термической обработки. В качестве исходных материалов были выбраны титановые и алюминиевые заготовки плоской формы толщиной 0,5 мм и 1 мм соответственно. Сварка осуществлялась по параллельной схеме. В качестве взрывчатого вещества использовался аммонит 6ЖВ. Отжиг полученного 23-слойного композита проводился при температуре 630 °С.

Длительность термической обработки определяет толщину интерметаллидной прослойки, формирующейся в процессе диффузионного взаимодействия титана и алюминия, однако этот фактор не является единственным. Металлографические исследования сваренных взрывом и отожженных в течение 5 часов материалов свидетельствуют о неравномерности роста интерметаллидных прослоек по сечению композита (рис. 1). Это явление связано с исходной структурой композиционного материала. В процессе сварки взрывом поверхностные слои свариваемых пластин подвергаются интенсивной пластической деформации (рис. 2 а). Кроме того, отдельные области вблизи сварного шва приобретают характерную для сварки взрывом вихревую структуру. В этих зонах титан и алюминий находятся в перемешанном состоянии либо образуют твердый раствор титана в алюминии (рис. 2 б, в).

Для верхних сварных швов характерна повышенная интенсивность происходящих в процессе сварки взрывом процессов. Это объясняется тем,

что верхние пластины располагаются в наибольшей близости к слою взрывчатого вещества и являются наиболее нагруженными.

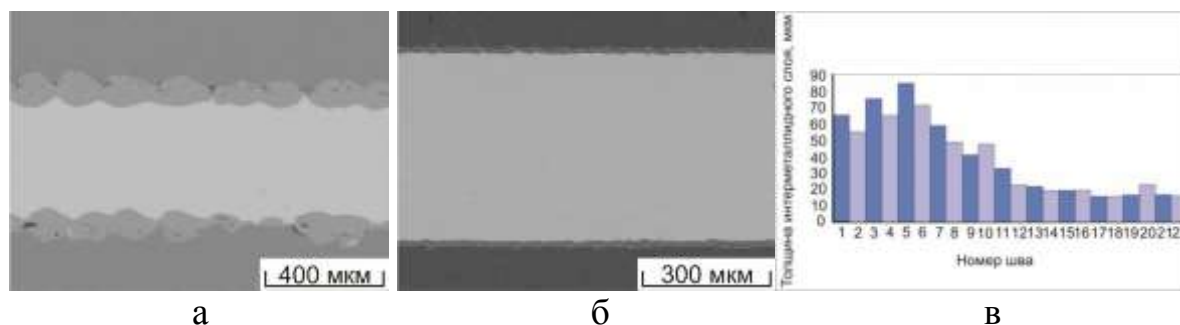


Рис. 1 – Изменение толщины интерметаллидных прослоек, сформированных на различных границах раздела композита: а – верхние сварные швы; б – нижние сварные швы; в - толщина интерметаллидных прослоек по сечению композиционного материала.

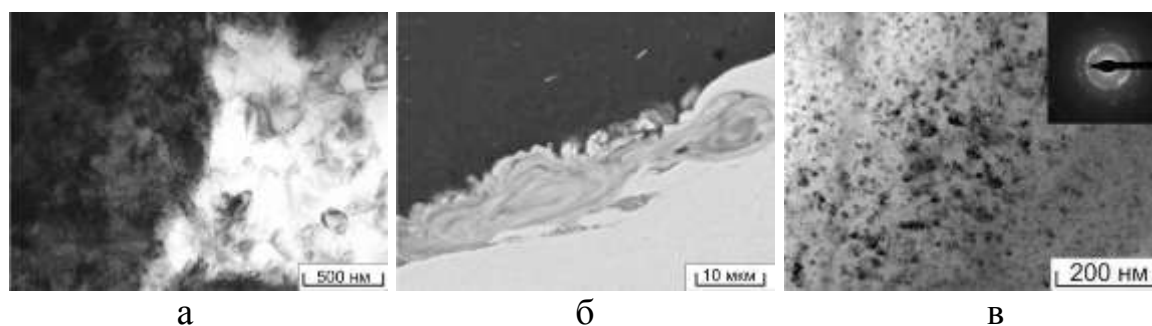


Рис. 2 – Структурные преобразования, происходящие в области контакта пластин: а – пластически деформированные микрообъемы; б – вихревые зоны; в – твердый раствор титана в алюминии.

Дефектное строение приграничных зон способствуют интенсификации диффузионных процессов в верхних сварных швах. Однако наибольший вклад в формирование интерметаллида вносят вихревые образования, количество которых вблизи верхних границ раздела значительно выше.

В процессе нагрева многослойных композитов формирование интерметаллида идет, в первую очередь, в вихревых зонах, поскольку материал этих участков предварительно перемешан и, следовательно, подготовлен к диффузионному взаимодействию при нагреве. Исследования термически обработанных в течение 1, 2, 3 и 4 часов композитов позволили установить, что образование интерметаллидов происходит уже в процессе отжига длительностью 1 час. С увеличением времени выдержки интерметаллид, образованный в вихревом участке, постепенно растет и через 4 часа термической обработки полностью замещает зону перемешивания.

Кроме того, в приграничной зоне были обнаружены интерметаллиды в форме пленок, которые образуются вдоль сварного шва и имеют одинаковую толщину по всей его протяженности. Следует подчеркнуть, что интерметаллидные узлы, образующиеся на месте вихревых зон, растут значительно быстрее (табл. 1) и при выдержке многослойного композита свыше 5 часов полностью поглощают образования пленочной формы. Интенсивность образования интерметаллидной фазы существенно возрастает при слиянии узлов алюминида, что приводит к резкому возрастанию значения толщины прослойки  $Al_3Ti$  до 95 мкм (на верхних границах раздела) и ее выравниванию по всей длине сварного шва.

Таблица 1 – Значения толщины интерметаллидных прослоек, формирующихся в процессе термической обработки титан-алюминиевого композиционного материала.

Длительность термической обработки, ч.	1	2	3	4
Толщина интерметаллидной «пленки», мкм	1,2	2,2	3,1	4
Толщина интерметаллидных «узлов», мкм	20	45	55	65

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что на первых этапах термической обработки многослойных композитов типа «алюминий – титан» существенный вклад в образование интерметаллидной фазы на границах раздела разнородных материалов вносит исходная структура слоистых образцов. Сварка взрывом способствует интенсификации диффузионных процессов, что объясняется пластической деформацией поверхностных слоев свариваемых заготовок и образованием зон перемешивания титана и алюминия. Таким образом, сварку взрывом можно рассматривать не только как надежный способ соединения разнородных материалов, но и как метод повышения скорости диффузии на их границах раздела.